Lane Medical Library

Aus der Medizinischen Universitäts-Poliklinik Heidelberg
Vorstand Prof. Dr. med. C. Oehme)

Über Veränderungen des Blutes nach verschiedenen Tätigkeitsformen des Muskels

*

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der hohen Medizinischen Fakultät
der Ruprecht-Karls-Universität
zu Heidelberg

Vorgelegt von
KURT DUTTE
aus Travemünde

1 9 3 1

Druck : Friedrich Lamade · Walldorf bei Heidelberg

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Heidelberg.

Dekan:
Geh. Rat Prof. Dr. Kallius

Referent:
Prof. Dr. Oehme

1931

Muskeltätigkeit stellt die Umwandlung von chemischer in kinetische Energie dar, die teils als mechanische Arbeit, teils als Wärme auftritt. Es ist somit der Stoffwechsel der Muskeln für die Frage nach der Quelle dieser chemischen Energie von grundlegender Bedeutung. Es muß aber immer wieder betont werden, daß wir heute – trotz intensiver Untersuchungen – noch nicht in der Lage sind, auf diese Frage eine exakte Antwort zu geben. Wohl vermögen wir auf Grund von einzelnen chemischen Umsetzungen eine Erklärung zu geben, doch läßt sich im entferntesten noch nicht die Gesamtheit aller an dem Prozeß beteiligten Umwandlungen darlegen. Die wichtigste und für diese Arbeit in Frage kommende chemische Veränderung ist die Bildung von Milchsäure aus Glykogen (Meyerhof). Bei der Muskeltätigkeit lassen sich in dieser Hinsicht 2 Phasen unterscheiden: einmal die Bildung von Milchsäure, sodann die Resynthese dieser gebildeten Milchsäure zu Glykogen. Dabei ist wichtig zu wissen, daß kein direkter Übergang von Glykogen in Milchsäure statthat, sondern daß auf komplizierte Weise ein Zwischenprodukt, das Lactacidogen Embden's, gebildet wird. Seine Bedeutung für den Muskelstoffwechsel besteht nun darin, daß es während der Kontraktion, also während der Arbeit, durch eine Vergärung von Kohlehydraten zur Bildung von Lactacidogen kommt. Dieses intermediäre Stoffwechselprodukt wird dann weiter übergeführt in Milchsäure.

Bei der Erholung des Muskels kommt es neben einer Oxydation und Resynthese noch zu einer andersartigen Eliminierung der gebildeten Milchsäure, zur Abgabe an das Blut. Im Zusammenhang mit der Frage nach der Herkunft der mechanischen Energie der Muskeltätigkeit läßt sich also aus diesen Tatsachen mit Sicherheit folgern, daß dieselbe zum Teil geliefert wird durch die chemische Umsetzung von Glykogen in Milchsäure. In dem Maße nun, wie sich die Kenntnisse über die chemische Muskelphysiologie entwickelten, war es auch möglich, an Fragestellungen heranzugehen, die man bisher nur vom energetischen Standpunkte aus betrachten konnte. Ich denke vor allem an die Muskelhypertrophie. Und es läßt sich nicht leugnen, daß unsere Kenntnis hierüber in den letzten Jahren eine wesentliche Vertiefung erfahren hat. Daß sich das Interesse der Forscher in erster Linie auf die Veränderung des Herzmuskels konzentrierte, darf bei der Bedeutung desselben für den Ablauf sämtlicher Lebensvorgänge des Organismus nicht Wunder nehmen. Die Erfahrung lehrt uns, daß kein Herz auf die Dauer eine über das physiologische Maß hinausgehende Arbeit leisten kann, ohne daß es zu einer Massenzunahme kommt. Wie man sich das Zustandekommen derselben causal erklären kann, zeigte v. Weizsäcker in klarer Weise. In seiner Arbeit (Erg. im Med. 19 1921) zeigt er, daß man mehrere Ursachen als gleichzeitig wirksam annehmen muß; die Hauptursache sieht er jedoch in der rein mechanischen Dehnung der Herzfasern. Eine Betrachtung, die von Bohnenkamp für den Herzmuskel nicht nur bestätigt, sondern auch auf andere Organe erweitert wurde. Es läßt sich also aus diesen Arbeiten als grundlegend herausheben, daß der mechanischen Erklärung der Muskelhypertrophie die größte Bedeutung zukommt. Doch ist bei dieser Gelegenheit zu betonen, daß ihre Gültig-

keit eine begrenzte ist. Ein Beispiel mag darüber Auskunft geben. Ein Skelettmuskel kann unter sehr verschiedenen Bedingungen hypertrophieren. So ist aus dem Alltagsleben genügend bekannt, daß ein Muskel bei vermehrter Arbeit an Masse zunimmt. Die äußere Arbeit muß in diesem Falle gegen einen vermehrten Widerstand geleistet werden. Daß es aber bei dieser Hypertrophie keineswegs auf die geleistete Kontraktionsarbeit ankommt, zeigte A. W. Meyer in seinen Versuchen. Er wieß hiermit nach, daß auch die Muskeln hypertrophieren, wenn sie unter vermehrter Spannung versetzt werden. Soweit die mechanische Betrachtung. Ergab dieselbe 2 Formen der Hypertrophie, so konnten dieselben auch durch chemische Untersuchungen des Muskelstoffwechsels bestätigt werden. Embden und Habs nahmen für ihre Untersuchungen Muskel, die durch Trainingsarbeiten an Masse zugenommen hatten; Wassermeyer und Rohrbach analysierten die Meyer'sche Hypertrophieform. Vergleicht man beide Arbeiten, so findet man eine wesentliche Differenz in dem Verhalten des Glykogens der Muskel. Nach Trainingsversuchen kommt es zu einer starken Anhäufung des Muskelglykogens; bei Arbeit unter vermehrter Spannung dagegen blieb eine Zunahme aus. Ein grundlegender Unterschied! Um Klarheit über die Entstehungsweise dieses verschiedenen Verhaltens zu schaffen, wurden kurzfristige Versuche angestellt.

Versuchsanordnung

Wie sich aus dem Gesagten ergibt, mußten Versuchsbedingungen geschaffen werden, die den oben angeführten Experimenten entsprechen. Es mußte einmal von den Muskeln Arbeit gegen einen vermehrten Widerstand, das andere Mal eine bestimmte Spannung geleistet werden. Eine exakte physikalische Erfassung oder gar Gleichsetzung dieser beiden Tätigkeitsformen ließ sich nicht durchführen, weil die physikalischen Größen nicht vergleichbar sind; und so mußte man sich darauf beschränken, einen bei beiden Formen auftretenden physiologischen Zustand, die Ermüdung, als Vergleichsmaß heranzuziehen. Sie wurde in der einen Versuchsanordnung durch eine maximale Kontraktion eines Handdynamometers (3 Minuten lang, alle 2 Sekunden eine Kontraktion) herbeigeführt. Dabei war zu beachten, daß die Kontraktionen lediglich von den Unterarm-Handmuskeln ausgeführt wurden, ohne Zuhilfenahme von Hilfsmuskeln. Als äußeres Zeichen der während der Versuche zunehmenden Ermüdung kann das Absinken der Hubhöhen gelten. Und es war festzustellen, daß in allen Versuchen annähernd eine gleichgroße Differenz der Hubhöhen bestand. Bei der zweiten Versuchsreihe mußte der Zeiger des Dynamometers auf einer bestimmten Marke gehalten werden. Diese war so gewählt, daß es unmöglich war, die geforderte Leistung über die festgesetzte Zeit hinaus durchzuführen.

Was die Blutentnahme anlangt, so wurde aus der nicht gestauten Cubitalvene vorher entnommen, um die Normalwerte des Blutes zu ermitteln; dann wurde unmittelbar nach der Leistung und nach verschieden langen Zeiten entnommen. Die Bestimmung der Milchsäure wurde nach der Methode von Lehnhartz vorge-

nommen; das Ammoniak wurde nach Embden, Carstensen und Schumacher, die Phosphorsäure nach Fister bestimmt.

Es ist schon seit langem bekannt, daß es nach Muskelkontraktionen zu einer starken Zunahme der Milchsäure in den abführenden Venen kommt; ist die Arbeit groß genug, so kommt es zu einer Vermehrung der Milchsäure im gesamten Kreislauf. In Tabelle 1 ist das Ergebnis eines Kontraktionsversuches wiedergegeben, der nach der oben angeführten Versuchsbedingung angesetzt wurde. Der Ausgangswert betrug 7,62 mg% ; es kommt dem errechneten Mittelwert sämtlicher Anfangswerte dieser Versuchsreihe sehr nahe. Ähnliche Werte werden auch von Schumacher, Hochrein und Meyer angegeben. Um einen einigermaßen einwandfreien Anfangswert zu gewinnen, ist es erforderlich, die Versuchsperson vor der Entnahme ruhen zu lassen. Nur so kann man – eine genaue Bestimmungsmethode vorausgesetzt – eine Erhöhung des Normalwertes durch Muskeltätigkeit vermeiden. Entnimmt man nun nach einer 3' langen Kontraktionsarbeit, so findet man den Milchsäuregehalt des Blutes auf 29,4 mg% erhöht. Vergleicht man in der unten angeführten Tabelle die einzelnen Kontraktionswerte miteinander, so findet man eine verhältnismäßig große Streuung (Mittelwert 36,4 mg%, Fehler des mittleren Wertes $\pm$ 5,4). Eine Erklärung hierfür geben die Untersuchungen vom Embden, Meinicke und Schmitz, aus denen hervorgeht, daß unmittelbar nach der geleisteten Arbeit keine Milchsäure im Muskel mehr nachweiswar ist; ja, in einzelnen Versuchen zeigte sich sogar eine Erniedrigung des normalen Wertes. Das beweist eindeutig die Abgabe der Milchsäure während der Arbeit des Muskels. Erfolgt nun der Einstich in die Vene, so ist einmal die Zeit zwischen ihm und der Beendigung der Kontraktion,

zum Andern die Verästelung der Vena cubitalis dafür verantwortlich zu machen, daß die Menge der erfaßten Milchsäure nach der Kontraktionsarbeit verschieden groß ausfällt.

Ist der Milchsäureanstieg im Blut nach der Kontraktionsarbeit recht erheblich, so findet man dagegen bei der Ammoniakbestimmung nur eine geringe Zunahme. Des weiteren unterscheidet sich das Ammoniak von der Milchsäure durch seinen Rückfall auf den Ausgangswert. Schon nach 10 Minuten findet man diesen beim Ammoniak wieder, während zu dieser Zeit der Milchsäuregehalt dem Normalwert gegenüber noch erhöht ist. Es erscheint damit sicher gestellt, daß beide Vorgänge in keiner Beziehung zueinander stehen. Ein Befund, der schon von Embden und Wassermeyer sowie M. Lenhartz für den isolierten Froschmuskel erhoben wurde.

Die Phosphorsäurebestimmung brachte nicht in allen Versuchen das gleiche Ergebnis. In dem angeführten Versuch kam es nach der Kontraktion zu einer Erhöhung, die nach 10' noch nachweisbar war. In anderen Versuchen blieb ein solcher Anstieg aus. Dieses Ergebnis stimmt mit den Beobachtungen von Irving im Durchströmungsversuch überein.

In Tabelle 2 ist ein Spannungsversuch wiedergegeben, der nach den oben geschilderten Versuchsbedingungen angesetzt wurde. Auch in diesem Falle kam es am Ende der Tätigkeit des Muskels zu einem Anstieg des Milchsäuregehaltes. Jedoch war der Anstieg über dem Normalwert wesentlich geringer als in dem Krontraktionsversuch. (Mittelwert aller Versuche 14,5 mg%, mit einer Leistung von + 5,7 Fehlen des Mittelwertes + 1,5). Die Verschiedenheit beider Tätigkeitsformen drückt sich des weiteren aus in dem Rückgang

des Milchsäurewertes zur Norm. Bestand bei dem aufgeführten Kontraktionsversuch nach 10' noch ein Wert von 20,2 mg, also ein verhältnismäßig hoher Wert, so fand man beim Spannungsversuch nach dieser Zeit bereits den normalen Gehalt wieder. Einen ganz entsprechenden Verlauf nahmen die 15 ebenso vorgenommenen Versuche. Meistens war die Erhöhung nach der Spannungsleistung noch geringer als in dem angeführten Beispiel; in 3 Versuchen blieb sie sogar ganz aus. Wie man hieraus entnehmen kann, ist die Streuung in den Spannungsversuch wesentlich geringer als in den Kontraktionsversuchen. Sie ist wohl zur Hauptsache auf die Unfähigkeit der Versuchsperson zurückzuführen, das Dynamometer genau auf die vorgeschriebene Marke zu halten. Besonders bemerkbar macht sich dies in der letzten Minute.

Die Ammoniak- und die Phosphorbestimmung zeigt in allen Versuchen das gleiche Resultat wie die Versuche der Kontraktionsreihe. Ein Unterschied besteht dabei nicht.

Sowohl für die Versuche der Kontraktionsreihe als auch für die der Spannungsreihe gilt natürlich, daß die Resultate prozentische Werte darstellen; über die absoluten Mengen gibt die Versuchsanordnung keine Auskunft. Um darüber, insbesondere gilt dies für die Milchsäure, eine Vorstellung zu gewinnen, wurden noch Versuche mit folgender Anordnung angestellt. Nach einer Vorentnahme zur Ermittlung des Normalwertes mußte eine bestimmte Leistung verrichtet werden (entweder als Kontraktions- oder als Spannungsversuch). Dann wurden in bestimmten Zeiten das Blut nicht nur dem Arbeitsarm, sondern auch dem ruhenden Arm entnommen. Tabelle 3 und 4 geben diese Versuche wieder. Dabei zeigt sich, daß lediglich durch die Kontraktions-

arbeit solche große Milchsäuremengen gebildet werden, die nach 5 Minuten im gesamten Kreislauf nachweisbar sind.

Aus diesen Versuchen ergibt sich nun, daß bei Kontraktion und Spannung keine Differenzen in dem Befund des Ammoniak und der Phosphorsäure bestehen. Anders dagegen bei der Milchsäure. Um die Bedeutung und die Wertigkeit der einzelnen Befunde klar vorzuführen, sind in Fig. 5 dieselben kurvenmäßig wiedergegeben. Darunter sind noch einmal die Mittelwerte nebst der berechneten Streuung und der signifikanten Differenz aufgeführt. Für die Vorentnahme ist k_1 gleich 0,67, d. h., es ist keine Differenz vorhanden, die die bei verschiedenen Untersuchungen gewonnenen Zahlen von einander unterscheidet. Dagegen beträgt k_2 für die Entnahme sofort nach der Tätigkeit 3,9; die Werte für die Kontraktion in dem Spannungsversuch haben also eine verschiedene Bedeutung. Die Differenz k_3 ist hiergegen nicht groß genug, um eine rechnerische Bedeutung zu haben. Aus dem allgemeinen Kurvenverlauf geht weiter klar hervor, daß die Milchsäureerhöhung bei Ko.-Versuch länger anhält als bei Spannungsversuch; das erhellt auch aus dem doppelseitigen Versuch.

Ich gehe nun zu der kritischen Bewertung meiner gefundenen Werte über. Wie schon eingangs ausgeführt wurde, liegt die Schwierigkeit des Vergleiches beider Versuchsanordnungen begründet in der Unmöglichkeit, beide Tätigkeitsformen einander gleich zu setzen. Die Ermüdung mußte als Maß dienen! Ein wichtiges Erfordernis war es ferner, diese mit ziemlicher Gleichmässigkeit zu erzielen. Eine Aufgabe, die in nur kurzfristigen Versuchen einigermaßen gelöst worden ist, wie man aus der berechneten Streuung schliessen kann. Hafteten somit der Versuchsanordnung einzelne Fehler an,

so kann man doch aus den Versuchen schließen, daß ein Unterschied zwischen Kontraktions- und Spannungsversuchen besteht, der sich in erster Linie auf den Glykogenwechsel bezieht: die Kontraktionsarbeit liefert eine starke, die Spannungsleistung dagegen nur eine geringe oder fast gar keine Vermehrung von Milchsäure im Blut. Dieses Resultat stimmt im ganzen überein mit den Befunden Wertheimer's. Dieser setzte in Kaninchenversuchen lang dauernde, tetanische Krämpfe und fand, daß dabei keine Bildung von Glykogen stattgehabt hatte.

Des weiteren könnte man neben der angeführten Unsicherheit und Streuung der Methodik noch einwenden, daß die ungleich starke Bildung von Milchsäure lediglich die Folge einer verschieden großen Durchblutung sei. Es ist bekannt, daß während der Kontraktion der Muskel stärker durchblutet ist. Bei der Spannung dagegen könnte es zu einer Behinderung bezw. Hemmung der Durchblutung kommen. Wollte man auf diese Art die Differenz zwischen den Ergebnisen der Kontraktions- und Spannungsversuche erklären, so würde dadurch im Gegenteil die Differenz der absoluten Milchsäuremengen größer werden. Es würde ein noch größerer Unterschied zwischen den beiden Versuchsanordnungen bestehen! Andererseits könnte die mangelhafte Durchblutung insofern von Einfluß auf das Ergebnis sein, indem die schlechte Durchblutung eine Retention der gebildeten Milchsäure bewirken könnte. Da aus den Arbeiten Hill's die Größe und Konstanz der Diffusionskonstanten bekannt ist, ist es nicht wahrscheinlich, daß die Durchblutung einen wesentlichen Einfluß hat. Zudem läßt sich durch die einfache Beobachtung nachweisen, daß durch eine verschlechterte Blutversorgung (Anoxämie) ein Ansteigen der Milchsäure statthaben muß. In dem vorstehenden Fall liegt aber eine Abnahme vor! Somit ist zur Genüge der Unterschied des

Glykogen-Milchsäurewechsels bei den Kontraktions- und Spannungsversuchen klargelegt; damit stimmten auch die Befunde von Fenn und Azuma überein, die eine verschieden starke Wärmebildung bei den in Frage kommenden Tätigkeitsformen fanden. In den Fällen mit Verkürzung trat auch hier eine viel stärkere Zunahme ein als bei isometrischer Spannung.

Zusammenfassung

Arbeitet ein Muskel gegen einen vermehrten Widerstand, so wird der Glykogen-Milchsäurewechsel in stärkerem Maße beansprucht, als wenn er unter vermehrte Spannung versetzt wird.

Tabelle 1

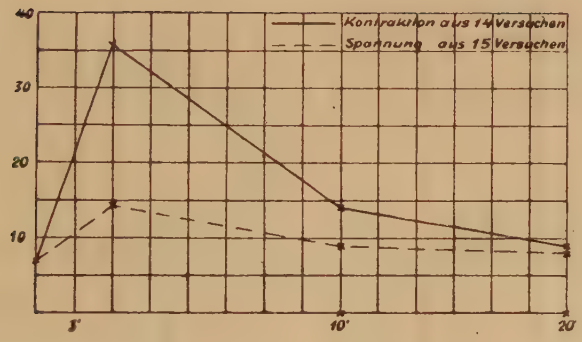
Arbeitsversuche mit 3 Minuten lang alle 2 ' eine maximale Kontraktion

Versuchs-person	Be-stimmung	vor der Arbeit	sofort nachher	nach 10 '	nach 20 '
K. D.	Ammoniak	0,07	0,30	0.36	0.06
	Milchsäure	3,60	25,20	16,50	11,90
K. D.	Ammoniak	0,03	0,07	0,06	–
	Milchsäure	9,30	28,70	22.70	–
H. W.	Ammoniak	0,05	0,09	0,02	0,07
	Milchsänre	13,00	94,50	2,80	8,70
E. Sch.	Ammoniak	0,06	0,07	0.08	0,05
	Milchsäure	18.90	65,30	35,10	22,30
W. H.	Ammoniak	0,01	0,04	0,05	0,05
	Milchsäure	3,60	31,10	10,22	3,90
Ha.	Ammoniak	0,07	0,11	0,10	0,08
	Milchsäure	8,38	29,00	5,15	7,32
Oe.	Ammoniak	0,01	0,09	0,01	–
	Milchsäure	5,43	18.98	4,32	–
	Phosphors.	2,70	2,89	3,23	–
C. H.	Ammoniak	0,06	0,11	0,08	0,05
	Milchsäure	7,62	29,40	20,20	8,48
	Phosphors.	2,87	2,94	3,12	2,34
Le.	Ammoniak	0,03	0,07	0,05	0,05
	Milchsäure	7,36	23,55	8.27	6,35
	Phosphors.	1,41	1,38	1,30	1,34
Oe.	Ammoniak	0,07	0,23	–	–
	Milchsäure	10,28	35,40	6,12	12,09
H. W.	Ammoniak	0,04	0,14	0,09	–
	Milchsäure	4,54	32.80	4,43	–

Tabelle II

Spannungsversuche

Versuchsperson	Bestimmung	vor der Arbeit	sofort nachher	nach 10'	nach 20'
H. W.	Ammoniak	0,03	0,14	0,07	0,035
	Milchsäure	9,05	10,20	(5,28)	8,82
H. P.	Ammoniak	0,06	0,09	0.07	0,08
	Milchsäure	4,62	3,60	7,30	11,80
He.	Ammoniak	0,05	0,09	0,05	–
	Milchsäure	6,95	13,32	13,70	9,63
Bö.	Ammoniak	0,06	0,08	0,06	0,04
	Milchsäure	4,88	14,40	11,40	6,60
H. W.	Ammoniak	0,05	0,08	0,05	0,04
	Milchsäure	4,00	15,00	6,77	6,40
	Phosphors.	1,23	0,97	0,94	–
E.	Ammoniak	0,05	0,05	0,01	0,02
	Milchsäure	9,69	7,77	7,55	9,45
	Phosphors.	1,45	1,37	1,44	–
C. H.	Ammoniak	0,08	0,08	0,05	0,01
	Milchsäure	8,60	16,30	10,82	9,28
	Phosphors.	1,03	1,26	1,03	1,33
A.	Ammoniak	0,05	0,09	0,07	0,02
	Milchsäure	6,64	15,95	9,45	5,80
	Phosphors.	1,32	1,11	1,03	1,35
K. D.	Milchsäure	12.75	15,78	–	–
X. Y.	Milchsäure	6,62	23,40	8,90	–
Hn.	Ammoniak	0,04	0,05	0,09	0,01
	Milchsäure	6,90	15,90	7,76	7,98
	Phosphors.	1,19	1,20	1,22	1,21



Kontraktion:

$M_1 = 7{,}8$ $M_2 = 36{,}3$ $M_3 = 13{,}1$ $M_4 = 10{,}8$
$T_1 = 4{,}3$ $T_2 = 20.2$ $T_3 = 8{,}7$
$\mu x_1 = 1{,}2$ $\mu x_2 = 5{,}4$ $\mu x_3 = 2{,}4$

Spannung:

$M_1 = 7{,}0$ $M_2 = 14{,}5$ $M_3 = 8{,}6$
$T_1 = 2{,}5$ $T_2 = 5{,}7$ $T_3 = 2{,}2$
$\mu x_1 = 0{,}6$ $\mu x_2 = 1{,}5$ $\mu x_3 = 0{,}6$

Signifikante Differenz:

$k_1 = 0{,}67$ $k_2 = 3{,}9$ $k_3 = 1{,}8$

Tabelle III

Arbeitsversuche
alle 2 ' eine maximale Kontraktion
Dauer: 3 ' lang

Zeit	Kontrolle	Arbeits-arm
Vorent.	6,70	
sofort		22,50
nach 5 '	13.82	
nach 10 '		11,08
nach 15 '	9,60	10,33
Vorentn.	5,97	
sofort		28,80
nach 5 '	9.53	
nach 10 '		40.20
nach 15 '	6,20	
nach 20 '		10,90
Vorentn.	5,12	
sofort		40.20
nach 5 '	13,30	
nach 10 '	5,43	10,90

Tabelle IV

Spannungsversuche
3 Minuten auf 20 gehalten
rechts und links

Zeit	Kontrolle	Arbeits-arm
Vorentn.	7,01	
sofort		17,28
nach 5 '	4,32	
nach 10 '		7,13
nach 15 '	6,52	
Vorentn.	7.72	
sofort		15,80
nach 5 '	8,90	
nach 5 '		10,79
nach 12'	9,12	8,18
Vorentn.	11,90	
sofort		19,20
nach 5 '	3,69	
nach 6 '		13,92
Vorentn.	7.23	
sofort		13,70
nach 3 '	6,50	12,40
nach 9 '	6,65	7.26

Literatur

Weizsäcker, v., Ergeb. inn. Med. 19, 1921.
Bohnenkamp, Kli. Wo. 1929 I.
Meyer, A. W., Mitt. Grenzgeb. Med. u. Chir. 1922.
Embden u. *Habs*, Z. f. physiol. Chem. 171, 1927.
Wassermeyer u. *Rohrbach*, D. Z.
Lehnhartz Z. f. physiol. Chemie.
Embden, Carstensen und *Schumacher*, Z. f. physiol. Chemie 179, 1928.
Fischer, J. of. biol. Chem., 87, 1929.
Schumacher, Kli. Wo.
Hochheim u. *Meyer*
Embden, Schmitz, Meinicke
Embden u. *Jost*, Ztsch. med. Wo. 1925 I.
Benedict, J. of. biol. Chem. 57, 1922.
Gottlieb, Biochem. Z. 194. 1928.
Parnas u. *Mozolowski*, Biochem. Z. 188. 1927.
Embden u. *Wassermeyer*, Z. f. Physiol. Chemie 179. 1928.
Lehnhartz, M. Z. f. Physiol. Chemie 184. 1928.
Irving u. *Bastedo*, Am. J. of. physiol. 86. 1928.
Embden
Nick
Meier-Gollwitzer u. *Simonson*, Kli. Wo. 1929 II.
Wertheim, Pflug. Arch. 221. 1928.
Fenn, Jl. of. physiol. 58. 1924.
Azuma, Proc. of the roy. soc. of London 96. 1920.

Lebenslauf

Unterfertigter wurde am 4. XII. 1905 in Travemünde geboren. Von 1912 – 1914 besuchte er die dortige Bezirksschule, von 1914 bis zur Erlangung des Reifezeugnisses die Oberrealschule zum Dom in Lübeck. Die Studienzeit verteilt sich folgendermaßen:

S. S. 1924 – S. S. 1925 Universität Hamburg.

W. S. 1925 – S. S. 1927 Universität Freiburg i. Br.

W. S. 1927 – S. S. 1929 Universität Heidelberg.

Das Staatsexamen wurde im W. S. 1929/30 an der Universität Heidelberg bestanden.

Heidelberg, 1. März 1930.

Kurt Dutte